

일사량 급변에 대한 P&O 알고리즘의 개선

강안중, 김태우, 김학성
 금오공과대학교 전자제어공학과

Improved P&O algorithm for rapidly changing insolation

A.J. kang, T.W. Kim, and H.S. Kim

Dept. of Electronics & Control Eng., Kum-oh National Institute of Technology

ABSTRACT

As the maximum power operating point (MPOP) of photovoltaic (PV) power generation systems changes with varying atmospheric conditions such as solar radiation and temperature, an important consideration in the design of efficient PV system is to track the MPOP correctly. Although the efficiency of these Maximum Power Point Tracking algorithms is usually high, it drops noticeably in case of rapidly changing atmospheric conditions.

This paper describes common MPPT control algorithm: Constant Voltage Control, Perturbation and Observation(P&O), Incremental Conductance (IncCnd) and proposes a new MPPT algorithm based on P&O algorithm. The conception and control principles of the proposed MPPT method are explained in detail and its validity of the proposed method is verified through several simulated results. As it doesn't use digital signal processor, this MPPT method has the merits of both a cost efficiency and a simple control circuit design. Therefore, it is considered that the proposed MPPT method is proper to low power, low cost PV applications.

1. 서 론

태양은 내부에서 일어나는 핵융합 반응 과정에서 발생하는 막대한 에너지를 우주로 방사하고 있으며 이 중에 맑은 날 지구 표면에 도달하는 에너지량도 $1,000\text{W}/\text{m}^2$ 에 이른다. 최근 환경문제에 대한 관심 증가와 유가 상승을 계기로 태양광에 관한 연구가 활발히 연구되고 있다. 태양광 발전은 차량, 장난

감, 주거용 발전, 및 가로등과 같은 다양한 분야에 적용이 가능하여 여러 분야에 적용한 예가 보고되고 있다.^[5]

태양전지 어레이의 출력은 일사량과 온도에 의해서 지속적으로 변동하며, 또한 태양전지 어레이의 동작전압에 따라 출력이 결정된다. 따라서 어레이의 동작전압을 제어하여 최대출력이 발생되도록 하여야 한다. 이와 같은 제어방법을 일반적으로 MPPT (Maximum Power Point Tracking)이라고 한다. MPPT를 위한 디지털 제어 알고리즘의 종류에는 Perturb & Observe (P&O), Incremental Conductance (IncCnd), Fuzzy등 다양한 제어 알고리즘이 제안되었다.^{[1][2][3][4]}

본 논문에서는 MPPT 제어 알고리즘 중에서 가장 대표적으로 사용되는 P&O 알고리즘과 Modified P&O 알고리즘에 대하여 서술하고, 이 알고리즘을 개선한 새로운 제어 알고리즘을 제안한다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 제안된 알고리즘의 타당성을 입증한다.

2. 본 론

2.1 기존의 MPPT 제어알고리즘

2.1.1 P&O MPPT 알고리즘

P&O MPPT 알고리즘은 간단한 피드백 구조를 갖으며 소수의 측정 파라미터를 갖기 때문에 널리 사용된다. 이는 태양전지전압을 주기적으로 미소 증가, 감소 변동시킴으로써 동작하며, 이전의 교란 주기동안의 태양전지 어레이 출력 전력과 함께 현재 어레이 출력 전력 비교에 의해 최대전력의 상태를 연속적으로 추적한다. P&O MPPT 알고리즘의 순서도를 그림 1에 나타내고 있다.

이 방법은 아래 순서도에 의해 동작한다. 만약 전력이 증가하면 교란은 다음주기 동안 계속해서 같은 방향으로 증가할 것이며 그렇지 않으면 교란의 방향은 반대가 될

것이다. 이것은 어레이 단자전압이 모든 MPPT 주기동안 교란된다는 것을 의미한다. 그러므로 MPP에 이르렀을 때 P&O 알고리즘은 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자려진동(Self-Oscillation)할 것이며 그 결과 태양전지 어레이의 손실이 발생하게 된다. 이 손실을 줄이기 위한 방법으로는 교란 Step의 감소를 들 수 있다. 그러나 이 방법은 일사량이 낮은 경우 제어특성이 나빠지고, 환경조건이 급변할 경우 MPP 추적 속도가 늦어지게 되므로 교란Step의 결정이 중요하다.^{[2][3]}

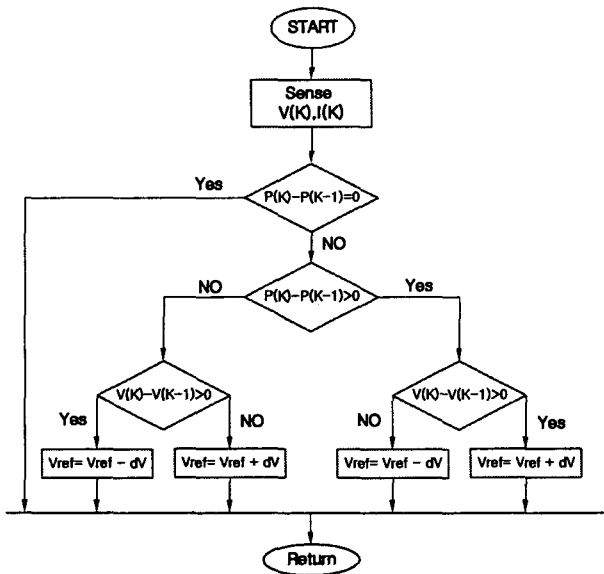


그림 1 P&O MPPT 알고리즘 순서도

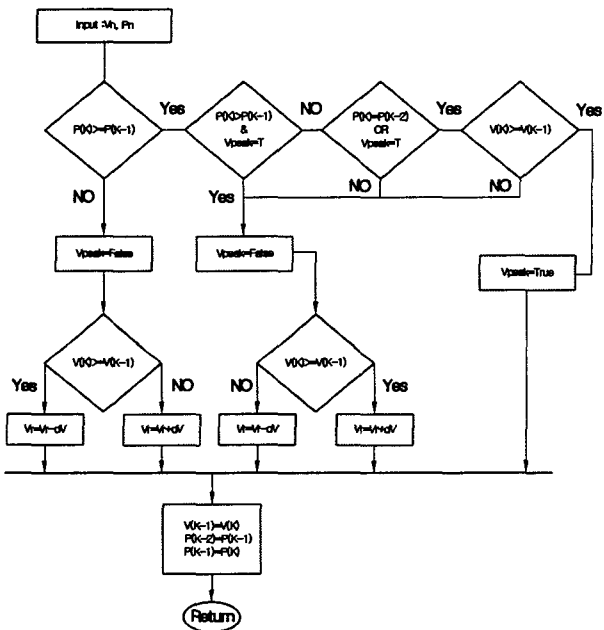


그림 2 Modified P&O MPPT 알고리즘 순서도

2.1.2 Modified P&O MPPT 알고리즘

Modified P&O MPPT 알고리즘은 P&O MPPT 제어 알고리즘이 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자려진동을 함으로써 그결과 태양 어레이의 손실을 발생시키고 Voltage harmonics를 초래하던 것을 개선한 알고리즘이다. V_{peak} 는 교란 주기 동안의 전압이 V_{max} 에 도달여부를 나타내는 부울 변수(boolean variable)이다. V_{max} 는 최대전력점(MPP)에서의 전압을 나타내며 $P(K-1)$, $V(K-1)$ 과 $P(K)$, $V(K)$ 는 이전 교란주기와 현재 교란주기의 각각의 전력과 전압을 나타내며 $P(K-2)$ 는 두 교란주기전의 전력을 나타낸다. $P(K-2) = P(K)$ 그리고 $V(K) \geq V(K-1)$ 인 조건에서 알고리즘은 V_{max} 에 도달하였다고 인식을 할 것이며 환경조건이 다시 변화할 때까지 증가와 감소를 멈출 것이다. 그러다가 만약 환경조건이 변화하게 된다면 알고리즘은 다시 V_{max} 를 추적하게 될 것이다. 궁극적으로 Modified P&O 알고리즘은 V_{max} 를 추종하는 MPPT 알고리즘이다. 그러나 이러한 개선에도 불구하고 P&O MPPT 알고리즘과 마찬가지로 Modified P&O 알고리즘도 환경조건이 급변할 경우 MPP 추적 속도가 늦어지게 되는 문제를 갖고 있다. Modified P&O MPPT 알고리즘의 순서도를 그림 2에 나타내고 있다.^[1]

2.2 제안된 MPPT 알고리즘

기존의 P&O MPPT 제어 알고리즘은 MPP에 이르렀을 때 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자려진동을 하였다. 그 결과 태양전지 어레이의 전력손실이 발생하였으며 이 문제점을 해결하기 위한 방법으로 교란 Step의 감소를 들 수 있으나 이 방법은 환경조건이 급변할 경우 MPP 추적 속도가 늦어지는 문제점을 갖고 있다. 또한 MPP 부근에서의 자려진동을 개선하기 위해 연구된 Modified P&O MPPT 알고리즘의 경우에도 자려진동의 문제점은 개선이 되었으나 마찬가지로 환경조건이 급변하게 될 경우에는 MPP 추적 속도가 늦어지는 문제점은 여전히 개선의 여지를 갖고있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 MPPT 제어 알고리즘들의 일사량 급변에 대한 MPP 추적속도를 보완할 알고리즘을 제안한다. 기존의 알고리즘들은 교란 Step을 고정해 주었으나 제안된 알고리즘은 이전 주기의 전력값 $P(K-3)$ 과 함께 현재 주기의 전력값 $P(K)$ 와 비교하여 그 절대값이 일정치(P_{Limit}) 이상일 경우 교란 Step에 충분한 적절한 β 를 곱해줌으로써 일사량 급변시 빠르게 MPP를 추적하게 되고, 일정치 이하일 경우에는 기존의 알고리즘과 같이 1로 초기화된 β 값을 곱해줌으로써 일정 교란 Step으로 동작하게 된다. 그림 3과 그림 4는 기존의 알고리즘들에 본 논문에서 제시한 알고리즘을

적용한 개선된 MPPT 알고리즘의 순서도이다.

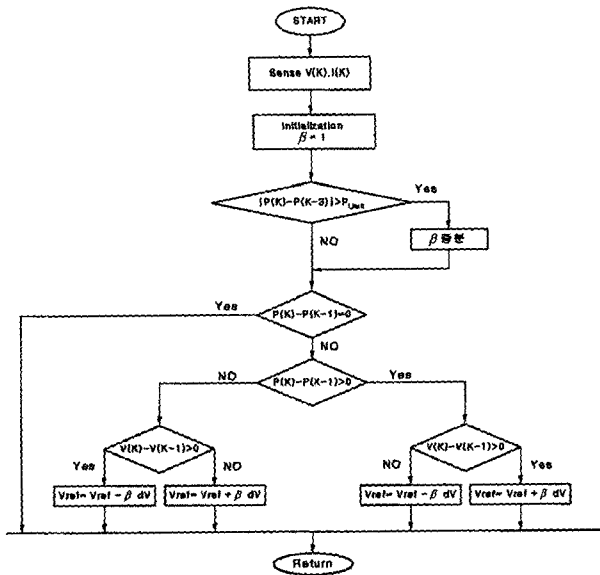


그림 3 제안된 방법을 적용한 P&O MPPT 알고리즘 순서도

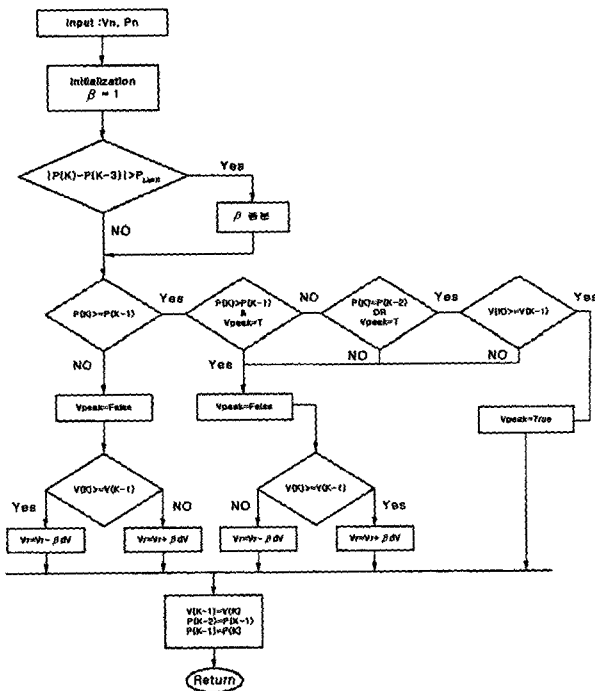


그림 4 제안된 방법을 적용한 Modified P&O MPPT 알고리즘 순서도

2.3 시뮬레이션결과 및 분석

본 논문에서는 앞에서 언급한 각각의 MPPT 알고리즘의 특성에 대하여 모의 실험을 통한 비교 분석하였다. 그림 5~8은 3KW급 태양전지 어레이를 통하여 PSIM으로 시뮬레이션 했으며 일사량을 30%에서 60%로 급변시켰을 경우 각각의 알고리즘

들의 시뮬레이션 결과이다. 일사량 급변시 P&O MPPT 알고리즘의 경우 β 값은 10이 적용되며 Modified P&O MPPT 알고리즘은 β 값을 8로 적용했다. 어레이 온도는 일정하다는 전제조건에서 일사량만을 가변 시켰을 경우를 나타내었다. 아래 그림 5와 그림 6은 각각 P&O MPPT 알고리즘과 Modified P&O MPPT 알고리즘의 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션은 실제 일사량과 부하에 따라 어레이에서 나올 수 있는 최대 전력과 MPPT를 수행한 후 나온 전력을 비교하여 그 차와 일사량 변동폭을 각각 나타낸다.

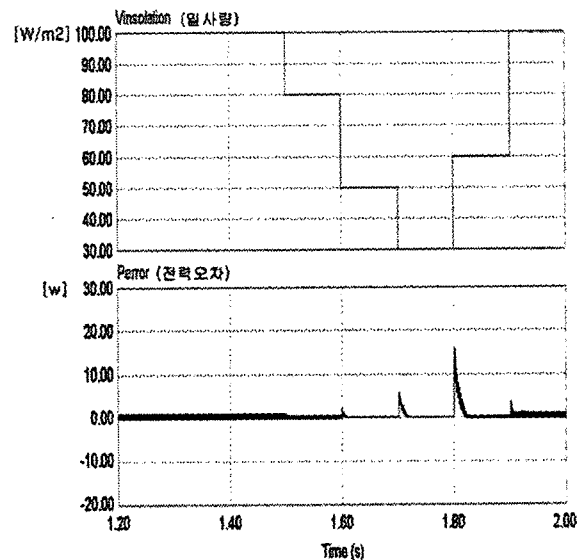


그림 5 일사량 급변시 P&O 추종특성

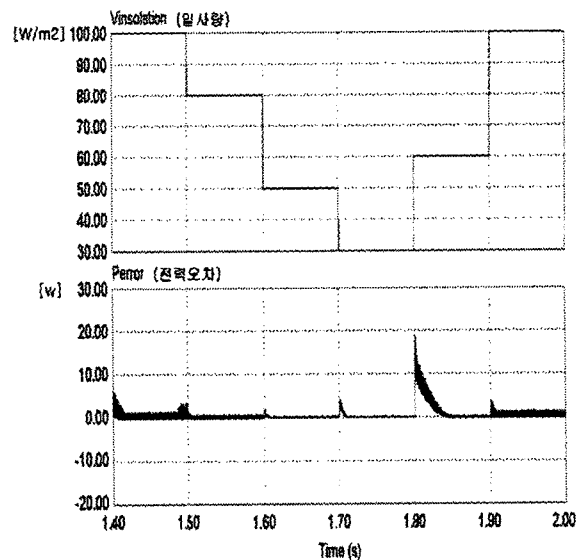


그림 6 일사량 급변시 Modified P&O 추종특성

아래 그림 7과 그림 8은 본 논문에서 제안한 알고리즘들을 시뮬레이션 한 결과들이다. 기존의 알고리즘들에 비해서 본 논문에서 제안한 알고리즘이

일사량 급변 시에도 안정적인 추종특성을 나타내고 있다. 표 1은 시뮬레이션을 통해 얻은 결과이다.

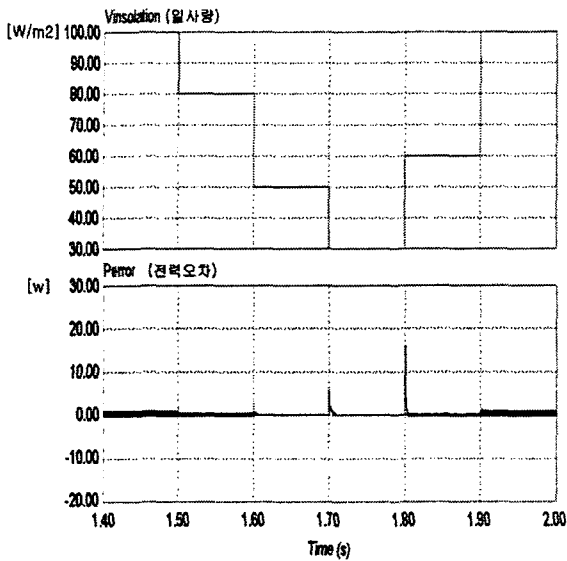


그림 7 일사량 급변시 제안한 P&O 추종특성

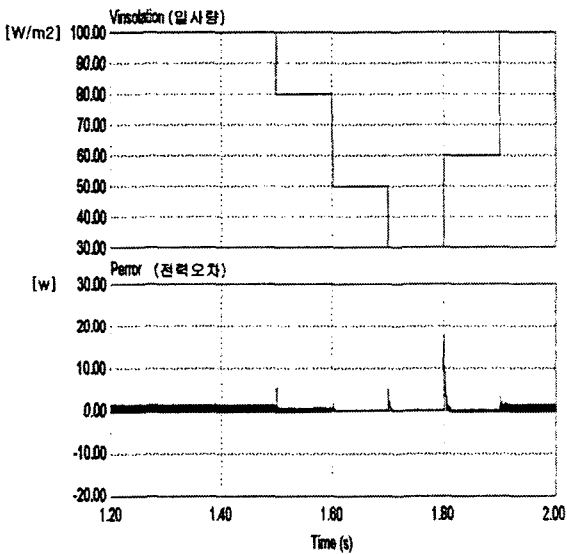


그림 8 일사량 급변시 제안한 Modified P&O 추종특성

3. 결론

기존의 P&O 알고리즘의 문제점은 일정 혹은 천천히 변화하는 환경조건에서 자려 진동으로 인한 전력손실 갖는 것이었으며 이것을 개선하기 위해 작은 교란 Step값을 결정하였으나 환경 조건이 급변 할시 MPP 추적속도가 늦어지는 문제점이 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 일사량이 급변 할시 교란 Step값에 적절한 β 값을 곱해줌으로서 빠른

추적속도를 갖게 하고 일사량 급변시가 아닐 경우에는 일정교란 Step값을 적용해 줌으로서 기존의 MPP 성능보다 더 나은 성능을 갖게 하였으며 시뮬레이션 결과를 통하여 제안한 알고리즘이 일사량의 급변 시에도 기존의 P&O 알고리즘과 Modified P&O 알고리즘 보다 안정적인 추종특성을 가짐을 입증하였다.

표 1 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 결과 비교

Method Criteria	P&O 제어	제안된 P&O제어	Modified P&O제어	제안된 Modified P&O 제어
초기 정상상태 도달시간(ms)	700	71	1400	104
최대 전력오차(W)	16	16	19	19
최소 전력오차(W)	0.13	0.13	0.15	0.15
일사량 30%급변시 전력오차(W)	16	16	19	19
일사량 30% 급변시 MPP 추종시간(ms)	23	3.5	45	5.5

참고 문헌

- [1]Hussein. K.H., Muta. I, "Modified Algorithms for Photovoltaic Maximum Power Tracking", Record of 1992 Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Japan, pp.301, 1992, October
- [2]K.H. Hussein, "Photovoltaic Power Tracking: An Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Conditions", Proceedings of the IEE, Vol. 142, No.1, pp.59-64, 1995.
- [3]유권중, 정영석, 최주엽, "새로운 고효율 MPPT 제어 알고리즘 고찰", 한국태양에너지학회 논문집, Vol.22, No.3, 2002.
- [4]A.G. Abo-Khalil, D.C. Lee, J.K. Seok, J.W. Choi, H.K. Kim, "Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System Using Fuzzy Logic Controller", 전력전자학술대회 논문집, Vol.2, pp.503-506, 2003.
- [5]강신영, 이양규, 김광현, "소규모 독립형 태양광 발전 시스템의 특성 개선", 전력전자학술대회 논문집, Vol.1, pp.58-62, 2002.